

ская чистота. Предотвращает появление накипи на поверхностях паровых и водогрейных котлов.

– Для очистки от накипи можно применить ультразвуковой метод.

Он применяется для предотвращения накипеобразования, связанного с эксплуатацией теплотехнического оборудования. С помощью ультразвуковой установки в металле котла и в воде, заполняющей его, возбуждаются маломощные ультразвуковые колебания. Под действием этих колебаний соли жесткости кристаллизуются непосредственно в объеме воды, образуя мелкодисперсный шлам, а колебания поверхностей нагрева препятствуют осаждению шлама на стенках труб. Поэтому шлам находится в воде во взвешенном состоянии и удаляется из котла при регулярных продувках, в результате чего образование накипи не происходит. Кроме этого, ультразвуковые колебания создают механические усилия, разрушающие ранее образовавшуюся накипь, происходит постепенное очищение котла от «старой» накипи непосредственно в процессе его работы.

Экономический эффект применения ультразвуковых противонакипных аппаратов (УПА-2М) обрывается за счет:

- исключения дорогостоящих традиционных химических и механических методов очистки;
- снижения затрат на экологические платежи;
- увеличения межремонтных периодов и сроков службы теплоагрегатов;
- малого срока окупаемости, от 1 до 4 месяцев.

Ультразвуковая технология предотвращения образования накипи является одной из рекомендованных энергосберегающих технологий. Ее применение позволяет увеличить срок работы теплоэнергетического оборудования, уменьшить затраты на его эксплуатацию, достигнуть реальной экономии средств и энергоносителей.

Альтернативой ионообменного умягчения является акустическая (ультразвуковая) технология обработки воды.

Ультразвуковая и электромагнитная очистки внутренних поверхностей котлов от накипи для передвижных котельных установок являются наиболее оптимальными и эффективными.

## **РАСЧЕТ ЗАДАЧ НАГРЕВА В ПАКЕТЕ ANSYS 14.0 ПРИ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ПЕРВОГО РОДА В 1D И 2D ПОСТАНОВКЕ**

*Новиков М.А., Горбунов В.А.*

*Ивановский государственный энергетический университет*

*E-mail: tevp@tvp.ispu.ru*

Исследования проводились в конечно-элементном пакете ANSYS 14.0.

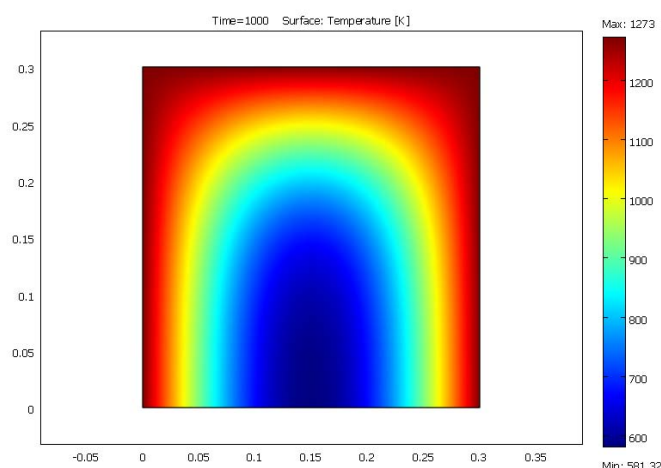
ANSYS – универсальная программная система конечно-элементарного (МКЭ) анализа, существующая и развивающаяся на протяжении 30 лет, является довольно популярной у специалистов в области компьютерного инжиниринга (CAE, Computer – Aided Engineering) и КЭ решения линейных и нелинейных

(включая нестационарные геометрически и физически нелинейные задачи контактного взаимодействия элементов конструкции), задач механики жидкости и газа, теплопередачи и теплообмена и т.д. [1, 2].

Целью является исследование влияние размера шага по пространству и по времени на результаты вычисления температурного поля в конце нагрева в среде ANSYS 14.0 при 1D и 2D нагрева металла с граничными условиями (г. у.) 1-го рода.

Если при 1D были проведены исследования М.С. Седовым [4] и Т.В. Татариновой [5], то 2D постановка исследуется впервые. Результаты решения сравниваются с решениями между решениями в пакетах ANSYS и Femlab и аналитическим решением, полученным 2D моделированием методом суперпозиции.

Решалась задача нагрева заготовки металла с сечением в виде квадрата с граничными условиями I рода с трех сторон и II рода (условия адиабаты) с одной стороны. Температура внешних сторон была равна 1273 К. Начальная температура нагрева 273 К. Сторона сечения квадрата равна 0,3 м, время нагрева принималось 1000 с. Варьировались размеры шагов по времени нагрева и по пространству (x; y) (рисунок).



Температурное поле квадрата в конце нагрева при г. у. I рода, время нагрева 1000 с

Примеры задач нагрева пластины и условия были взяты из [3]. В отличие от решения задач в 1D в 2D геометрии планируется исследовать влияние формы сетки на точность результатов полученного температурного поля в конце нагрева. Проведен аналитический анализ модели 2D в пакете Mathcad (таблица).

Пример результатов анализа влияния шагов по пространству на прямоугольной сетке с аналитическим решением при вычислении теплового центра в конце нагрева с шагом по времени  $\Delta\tau = 50$  с

$\Delta x$ $\Delta y$	20	70	120	170	220	270	320	370	420
20	847,83*	847,79	847,89	847,70	847,87	847,74	847,04	847,80	847,92
	0,013**	0,025	0,002	0,049	0,0016	0,036	0,042	0,022	0,0090
70	847,69	847,75	847,70	847,65	847,81	847,70	847,93	847,71	847,68
	0,050	0,034	0,048	0,061	0,021	0,048	0,013	0,047	0,054
120	847,92	847,83	847,78	847,73	847,92	847,81	847,03	847,87	847,8
	0,010	0,014	0,026	0,039	0,008	0,022	0,039	0,003	0,023
170	847,69	847,71	847,70	847,60	847,8	847,62	847,95	847,74	847,66
	0,050	0,036	0,048	0,074	0,025	0,07	0,017	0,04	0,058
220	847,78	847,90	847,74	847,72	847,87	847,69	847,02	847,81	847,75
	0,028	0,011	0,03	0,043	0,003	0,051	0,035	0,007	0,040

$\Delta x$ $\Delta y$	20	70	120	170	220	270	320	370	420
270	847,61	847,60	847,58	847,52	847,75	847,5	847,82	847,57	847,6
	0,074	0,060	0,08	0,098	0,036	0,106	0,019	0,083	0,083
320	847,80	847,83	847,89	847,70	847,88	847,72	847,042	847,78	847,80
	0,022	0,012	0,002	0,049	0,001	0,045	0,042	0,0267	0,021
370	847,77	847,78	847,77	847,68	847,83	847,7	847,983	847,71	847,75
	0,029	0,028	0,039	0,052	0,013	0,052	0,026	0,038	0,037
420	847,39	847,25	847,25	847,16	847,36	847,16	847,50	847,263	847,25
	0,130	0,170	0,168	0,195	0,140	0,194	0,103	0,166	0,17

Примечания:

\* в верхних строках указано температурное поле в К в конце нагрева по результатам аналитического решения,

\*\* в нижних строках указана погрешность вычисления температурного поля в пакете Ansys по сравнению с аналитическим решением в %.

В ходе исследований получены результаты, на основе которых были созданы номограммы для определения точности и времени расчета в зависимости  $\Delta t$  и  $\Delta x, \Delta y$ . А также была проведена проверка на точность пакета ANSYS при помощи аналитического решения [6, 7]. Полученная погрешность составила  $\min = 0,0016 \%$  при  $\Delta x$  (20; 220) и  $\max = 0,195 \%$  при  $\Delta y$  (420; 170).

В дальнейшем планируется результаты моделирования использовать для определения погрешности расчета в пакете ANSYS на стадии подготовки решения задачи с 2D геометрией на основе использования нейросетевой технологии.

#### *Библиографический список*

1. Басов К.А. ANSYS и Virtual Lab. Геометрическое моделирование. М.: ДМК Пресс, 2006. 240 с.
2. Басов К.А. ANSYS для конструкторов. М.: ДМК Пресс, 2009. 248 с.
3. Горбунов В.А. Моделирование теплообмена в конечно-элементном пакете Femlab: учеб. пособие / Иваново: ГОУ ВПО «ИГЭУ имени В.И. Ленина», 2008. 216 с.
4. Седов М.С. Разработка модели кузнечного производства в многоцелевом вычислительном комплексе: Пояснит. зап. к дипл. проекту. Иваново: ИГЭУ, 2010. 171 с.
5. Татаринова Т.В. Разработка математических моделей в Ansys-Fluent камерных кузнечных печей для машиностроительных предприятий: Пояснит. зап. к дипл. проекту. Иваново: ИГЭУ, 2011. 141 с.
6. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 592 с.
7. Лыков А.В. Тепломассообмен: справочник; изд. 2-е, пер. и доп. М.: Энергия, 1978. 462 с.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ОБОРУДОВАНИЯ В ЦЕНТРАХ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

*Носков И.Ю.*

*Тюменский государственный архитектурно-строительный университет*

*ivan.noskov.tmn@gmail.com*

Последние двадцать лет во всем мире активно развивается одна из ветвей сектора информационных технологий, а именно строительство и эксплуатация центров обработки данных (ЦОД). Без стабильно работающих ЦОД не возмож-